

# LaidaNet : un réseau de communication à commutation de labels

Thierry Feuzeu, Bernard Cousin

► **To cite this version:**

Thierry Feuzeu, Bernard Cousin. LaidaNet : un réseau de communication à commutation de labels. Manifestation des jeunes chercheurs en STIC (Majestic'04), Oct 2004, Calais, France. 2004. <inria-00530338>

**HAL Id: inria-00530338**

**<https://hal.inria.fr/inria-00530338>**

Submitted on 28 Oct 2010

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# *LaidaNet*

## Un réseau ponté à commutation de labels

Thierry K.Feuzeu, Bernard Cousin  
IRISA/INRIA – Campus de Beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France  
tfeuzeug@irisa.fr bcousin@irisa.fr  
<http://www.irisa.fr/armor>

**Résumé :** L'évolution des réseaux est marquée aujourd'hui par deux grandes tendances : l'utilisation d'Ethernet pour le transport des données sur la couche 2 et l'utilisation de la commutation de labels pour la gestion du trafic (MPLS s'est imposé comme le standard). Avec *LaidaNet*, nous nous proposons de combiner ces deux techniques afin d'améliorer les services fournis dans les réseaux locaux.

Un réseau *LaidaNet* est composé d'un ensemble de commutateurs qui interconnectent un ensemble de stations, le tout géré par un *contrôleur*. Les commutateurs redirigent les trames grâce aux labels qu'elles contiennent, tandis que les stations ont un comportement standard. La distribution des labels est assurée par le *contrôleur*. Pour cela, il est couplé à un serveur de résolution d'adresses qui renvoie des adresses MAC étiquetées, dans lesquelles les labels sont inscrits. Ainsi les trames portent les labels dans leur champ *destination address* dès leur émission.

Les avantages d'un réseau *LaidaNet* sont multiples. La commutation de labels permet d'offrir des fonctionnalités avancées de gestion de trafic, telles que l'agrégation de flux et le routage explicite. La présence du *contrôleur* permet de réduire le recours à la diffusion, et de simplifier les fonctions des commutateurs.

**Mots clés :** Architecture, réseaux locaux, Ethernet, commutation de labels, VLAN

### 1 INTRODUCTION

Ethernet est la technologie la plus utilisée aujourd'hui dans les réseaux locaux, en raison de son débit de plus en plus élevé, de son faible coût, de sa facilité d'utilisation, de maintenance, et de sa capacité à supporter différents types d'applications. Cependant, du fait du partage d'un support physique unique et des collisions qui en résultent, les réseaux locaux Ethernet offrent une bande passante cumulée limitée à celle du support physique, et qui diminue avec le nombre de stations et l'envergure du réseau. Pour faire face à ce problème, les techniques de pontage sont généralement employées. Les segments Ethernet sont interconnectés par des ponts ou commutateurs, qui ont pour rôle de filtrer et rediriger le trafic entre les stations. Cette technique permet de réduire les domaines de collisions, et par conséquent d'améliorer la bande passante effective et d'accroître l'envergure des réseaux lo-

caux. Associée aux techniques de pontage, la technique de VLAN (*Virtual Local Area Network*) permet de segmenter un réseau local ponté en plusieurs domaines de diffusion. Elle facilite ainsi la gestion, améliore les performances et la sécurité dans les réseaux locaux.

Cependant, les techniques de pontage et les VLAN ne résolvent pas tous les problèmes d'extensibilité d'Ethernet. L'absence de mécanismes avancés de gestion de trafic rend difficile la mise en œuvre de services tels que le routage explicite, la réservation de ressources ou la protection contre les pannes. De plus, pour des réseaux auxquels sont connectées un grand nombre de stations, les commutateurs sont sujets à des risques d'explosion de leurs tables de pontage.

Dans ce document, nous proposons une technique de pontage basée sur la commutation des labels qui simplifie les fonctionnalités des commutateurs, réduit la quantité de données qu'ils gèrent et échangent, réduit le recours à la diffusion, et offre suffisamment de souplesse pour mettre en œuvre différents services supplémentaires au dessus d'Ethernet.

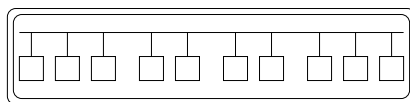
Les chapitres 2 et 3 présentent respectivement les techniques de pontage actuelles et la commutation de labels. Le chapitre 4 présente l'architecture et le fonctionnement des réseaux *LaidaNet*, et le chapitre 5 décrit quelques applications possibles, à savoir les VLAN, le routage explicite, la gestion des pannes et la sécurité.

### 2 LE PONTAGE

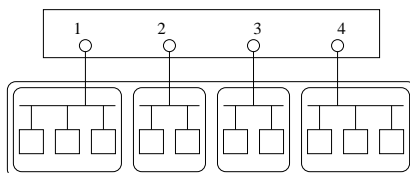
Les réseaux locaux Ethernet sont limités tant dans leur expansion que dans la quantité de données pouvant y être transportée. Ainsi d'après [IEEE 802.3, 2002], un segment Ethernet 10Base-TX offre une bande passante maximale de 100Mbit/s, et sa portée maximale ne peut excéder 100m. Le débit de l'ensemble du réseau diminue rapidement avec le nombre de stations. Ceci tient au fait qu'un segment Ethernet constitue un seul domaine de collision et un seul domaine de diffusion (figure 1(a)). Une trame envoyée par une station est reçue par toutes les autres. Toute la largeur de bande est occupée par la seule station émettrice, et une émission simultanée cause une collision et la perte des données transmises.

Il est alors logique de segmenter un réseau local fortement chargé ou très étendu en plusieurs composantes.

Chaque composante constitue un domaine de collision distinct, et l'ensemble forme un domaine de diffusion unique (figure 1(b)). C'est la technique du pontage [IEEE 802.1D, 1998]. L'élément de branchement permettant de relier les différents réseaux locaux physiques en un réseau local logique est appelé un commutateur, ou un pont. Un commutateur opère à la couche liaison de données (couche 2) et sépare le trafic entre les segments interconnectés. La charge de l'ensemble du réseau s'en trouve améliorée car les stations peuvent émettre sur un segment indépendamment du trafic existant dans d'autres segments.



(a) sans pontage : un domaine de collision, un domaine de diffusion



(b) avec pontage : plusieurs domaines de collision, un domaine de diffusion

FIG. 1 – Réseaux locaux

Les techniques de pontage présentent généralement les différentes caractéristiques ci-après.

*Le pontage local ou distant* : Le pontage local relie deux ou plusieurs réseaux locaux voisins et le branchement a lieu à la sous-couche MAC, tandis que le pontage distant relie deux réseaux locaux séparés par un autre réseau (généralement un WAN) et le branchement a lieu sur la sous-couche LLC.

*Le pontage avec ou sans translation* : Cette propriété indique si les commutateurs ont la capacité de relier plusieurs réseaux locaux utilisant différents protocoles d'accès au support (par exemple Token Ring et Ethernet).

*Le pontage transparent ou avec routage par la source* : Dans le pontage avec routage par la source, la station émettrice détermine le chemin suivi par la trame ; c'est une extension de la norme Token Ring [IEEE 802.5, 1998]. Le pontage transparent consiste à relier de façon transparente plusieurs LAN, c'est-à-dire sans que les stations remarquent la présence des commutateurs.

Dans la suite, nous nous intéresserons au pontage local, sans translation et transparent, qui peut être utilisé dans tous les réseaux 802.x [IEEE 802, 2001].

## 2.1 Les fonctions des commutateurs

La fonction de filtrage (ou redirection) des trames constitue la principale tâche d'un commutateur. Pour cela, il a besoin d'une fonction de remplissage de sa table de pontage. En outre, la présence de liens redondants dans l'interconnexion crée des problèmes qui sont résolus grâce au protocole du *Spanning Tree*.

### 2.1.1 Le filtrage

Lorsqu'un commutateur reçoit une trame en circulation sur le réseau local, il interprète l'adresse de destination et décide s'il doit la rediriger ou non vers un autre réseau local. Les informations servant à la décision de redirection sont enregistrées dans une table de pontage (*forwarding database*). Les entrées de la table de pontage indiquent pour chaque destination accessible à travers le commutateur le port sur lequel les trames doivent être redirigées ; elles résultent de la fonction d'apprentissage. Lorsqu'une adresse ne peut être trouvée dans la table de pontage, la trame est re-émise sur toutes les sorties du commutateur à l'exception de son port d'entrée. Il est ainsi possible d'atteindre les stations dont l'emplacement n'est pas encore connu.

### 2.1.2 L'apprentissage

La fonction d'apprentissage consiste en la création et la maintenance des entrées de la table de pontage. Le commutateur analyse à cette fin l'ensemble du trafic reçu sur tous ses ports. Pour chaque trame reçue, il enregistre dans sa table de pontage l'adresse MAC de l'émetteur et le port local sur lequel elle a été reçue. Cette technique s'appelle l'apprentissage par la source, et part du principe que le port sur lequel une trame est reçue est l'itinéraire le plus probable vers la station émettrice. Pour maintenir les entrées de sa table de pontage constamment à jour, le commutateur adjoint à chacune d'elles un temps d'activité, qui indique la durée de validité de l'entrée. Le commutateur met cette valeur à jour chaque fois qu'il reçoit une trame émise par la station correspondante. Si le temps d'activité s'est écoulé, l'entrée est supprimée car on suppose que la station est soit éteinte, soit déconnectée du réseau.

### 2.1.3 Le Spanning Tree

Dans un réseau local ponté, il existe souvent des liens redondants. Par exemple pour des raisons de répartition des charges et de sécurité en cas de panne, on peut placer plusieurs commutateurs en parallèle pour relier des réseaux locaux. Or en présence de cycle, la fonction de filtrage duplique inutilement le trafic, et la fonction d'apprentissage produit des entrées erronées dans la table de pontage [Stallings, 1997].

Pour résoudre ce problème, on met en place le protocole *Spanning Tree* ou arbre de recouvrement [IEEE 802.1D, 1998]. Son rôle est de reconnaître les liens redondants dans la topologie cyclique et établir une structure arborescente ne contenant plus aucun cycle. Les liens redondants sont désactivés, et peuvent être réactivés au besoin, par exemple en cas de panne d'un port ou d'un commutateur actif : la redondance dans l'intercon-

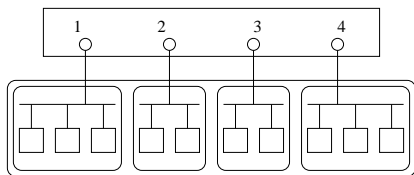
nexion reste ainsi utile. Les commutateurs échangent des BPDUs *Bridge Protocol Data Units* et arrivent de manière décentralisée à désactiver les ports qui créent des redondances dans l'interconnexion.

## 2.2 Les VLAN

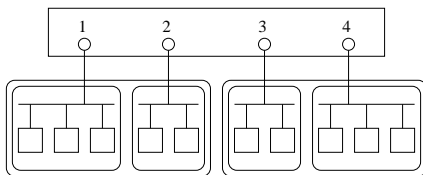
La fonction d'un réseau ponté consiste à améliorer les services fournis en segmentant le réseau en plusieurs domaines de collision. En l'absence d'autre mécanisme, un réseau ponté constitue un seul domaine de diffusion (figure 2(a)). Une trame diffusée par un hôte sur un seul segment est propagée à tous les segments, saturant la bande passante du réseau entier.

### 2.2.1 Intérêt des VLAN

Les commutateurs fournissent une méthode de segmentation nommée VLAN [IEEE 802.1Q, 2003]. Les VLAN permettent de grouper les stations d'un LAN ponté dans des domaines de diffusion distincts, indépendamment de leur emplacement physique dans le réseau (figure 2(b)). Un VLAN est un domaine de diffusion logique qui peut recouvrir plusieurs segments physiques. Les avantages des VLAN sont la sécurité, la segmentation et la souplesse.



(a) sans VLAN : plusieurs domaines de collision, un domaine de diffusion



(b) avec VLAN : plusieurs domaines de collision, plusieurs domaines de diffusion

FIG. 2 – Réseaux locaux pontés

### 2.2.2 Mise en œuvre

Les implémentations actuelles des VLAN admettent généralement un seul de ces trois modes de répartition des stations : VLAN basé sur le port, sur l'adresse MAC ou sur le protocole (ou l'adresse) de niveau 3. Dans le premier mode, l'appartenance d'une station à un VLAN est déterminée par le port du commutateur sur lequel elle est connectée. Dans les deux autres cas, l'appartenance à un VLAN est déterminée sur la base d'informations relatives à la station. Les VLAN basés sur le port ont été choisis comme standard par la norme 802.1Q [IEEE 802.1Q, 2003].

Lorsqu'un commutateur d'un VLAN reçoit une trame, il doit identifier à quel VLAN elle appartient avant de la rediriger. Cette fonction peut être réalisée de façon implicite ou explicite. Elle est réalisée de façon implicite si l'appartenance à un VLAN est indiquée par un ou plusieurs champs de la trame Ethernet standard. Les commutateurs maintiennent une table d'association entre les valeurs possibles de ces champs et les identificateurs de VLAN. C'est le cas des VLAN basés sur l'adresse MAC ou sur le protocole de niveau 3. Elle est réalisée de façon explicite si un champ *VLAN id* est ajouté à la trame, et utilisé par les commutateurs pour identifier le VLAN auquel elle appartient. C'est la méthode préférée dans les VLAN basés sur le port. Dans les deux cas, le fonctionnement des commutateurs est modifié pour prendre en compte la présence des VLAN.

## 3 LA COMMUTATION DE LABELS

La commutation de labels est basée sur la notion de *FEC (Forwarding Equivalence Class)*, qui est une généralisation de la notion de flux.

Une *FEC* est un ensemble de paquets qui subissent une même décision de routage et un même traitement. En plus des informations de routage, la création d'une *FEC* peut tenir compte d'autres paramètres tels que le type de flux, la priorité et la politique administrative.

Un label est un identificateur entier de taille fixe et petite qui identifie la *FEC* à laquelle appartient le paquet qui le porte. Il a une signification locale à un lien d'un réseau. Très souvent, le label que porte un paquet étiqueté dépend partiellement ou totalement de son adresse de destination, mais n'est pas un codage de cette adresse.

Un paquet étiqueté est un paquet dans lequel un label a été placé. Dans certains cas (MPLS/Ethernet par exemple), les labels résident dans une entête spécifique [Rosen, 2001a]. Dans d'autres cas, ils sont codés dans des champs existants, par exemple les champs VPI/VCI des cellules d'ATM [Davie, 2001] ou DLCI des cellules Frame Relay [Conta, 2001]. Dans tous les cas, la technique de codage des labels doit être connue et partagée par les entités qui les encodent et qui les décodent.

De façon générale, un paquet étiqueté peut porter un certain nombre de labels organisés en pile, créant ainsi une hiérarchie de labels. Toutefois, le traitement d'un paquet est indépendant du niveau de la hiérarchie. La commutation est toujours réalisée en fonction du label au sommet, indépendamment du nombre de labels initial ou restant dans la pile.

Les opérations suivantes sont applicables sur la pile de labels.

*swap* : remplacer le label au sommet par un autre.

*push* : ajouter un label au sommet.

*pop* : supprimer le label du sommet.

Dans un réseau MPLS [Rosen, 2001b] par exemple, les entêtes des paquets sont analysés une seule fois par un routeur de bordure. Cette analyse permet de déterminer la

*FEC* à laquelle appartient chaque paquet afin d'y ajouter l'ensemble de labels correspondant (*push*). Les routeurs du cœur retransmettent le paquet en fonction de ce label (*swap*), jusqu'à un autre routeur de bordure qui supprime les labels (*pop*) avant de retransmettre le paquet vers sa destination. Le chemin suivi par un paquet étiqueté est un *chemin commuté*. Le routeur de bordure initial est l'*ingress* et le routeur de bordure final est l'*egress*. Ce sont généralement les points d'entrée et de sortie du réseau MPLS, mais pas forcément la source et la destination du paquet.

### 3.1 La gestion des labels

#### 3.1.1 Distribution

Il est possible pour un routeur de demander explicitement, au routeur en aval sur un chemin une allocation de label pour une *FEC* particulière. Une telle distribution de labels est dite en aval à la demande (*downstream on demand*). Un routeur en aval peut aussi prendre l'initiative de distribuer des labels à des routeurs en amont qui ne l'ont pas explicitement demandé. Une telle distribution est dite en aval non sollicitée (*downstream unsolicited*). De même, on peut avoir une distribution de labels en amont à la demande (*upstream on demand*) ou en amont non sollicitée (*upstream unsolicited*) si les labels sont choisis et distribués par le routeur en amont.

#### 3.1.2 Portée et unicité

Deux routeurs situés aux extrémités d'un lien allouent un label à chaque *FEC* traversant ce lien. L'association d'un label à une *FEC* est locale à ce lien, et le label alloué à une *FEC* peut changer d'un lien à un autre. Lorsqu'un routeur a plusieurs liens adjacents, la portée des labels qu'il alloue peut varier.

Un routeur peut allouer un même label à deux *FEC* entrantes sur des liens distincts, à condition qu'il puisse déterminer, à la réception d'un paquet étiqueté, le lien par lequel il est arrivé. Lorsque cette condition est remplie, la portée des labels est limitée à une interface, et le routeur utilise des espaces de labels différents pour chaque interface. Si cette condition n'est pas remplie, les labels doivent être globalement uniques pour le routeur qui les alloue, et la portée des labels est limitée à la plate-forme. Dans tous les cas, les labels doivent être uniques dans l'espace de leur portée.

### 3.2 Services fournis

La commutation de labels offre des caractéristiques qui permettent d'améliorer les services fournis, notamment grâce à une meilleure gestion du trafic.

#### 3.2.1 Fusion et agrégation de flux

Un routeur peut allouer plusieurs labels entrants à une seule *FEC*, si plusieurs émetteurs existent en amont. Il peut être souhaitable dans ce cas d'avoir un seul label de sortie, indépendamment de la valeur du label d'entrée : c'est la fusion de labels. Il peut aussi arriver qu'un ensemble de paquets en destination d'adresses différentes suivent le même chemin dans le réseau. Dans ce cas là

commutation de labels a pour but de les conduire jusqu'à leur point de sortie commun. Il est alors possible de leur allouer un seul et même label, et d'appliquer ce label à tous les flux de cet ensemble. Cette technique s'appelle l'agrégation de flux.

La fusion et l'agrégation de labels permettent de réduire le nombre de labels nécessaire au traitement d'un ensemble de flux, et par conséquent de réduire le trafic de contrôle nécessaire à leur distribution.

#### 3.2.2 Routage explicite

Il est parfois nécessaire d'imposer le chemin à suivre par un ensemble de flux dans un réseau. La mise en œuvre de cette fonctionnalité est complexe dans un réseau IP, car elle nécessite que le chemin entier soit codé dans chaque paquet émis. Avec la commutation de labels, dès que le chemin commuté est établi dans le réseau, il suffit de configurer les routeurs à l'entrée du réseau pour empiler les labels adéquats dans les paquets appartenant à la *FEC* correspondante.

#### 3.2.3 Protection contre les pannes

Les conséquences d'une panne dans un réseau à hauts débits peuvent être très importantes, d'abord en raison du trafic interrompu, ensuite en raison de la nature des applications qui requièrent de plus en plus une qualité de service optimale. De nombreux algorithmes ont été proposés pour minimiser l'impact des pannes sur le niveau de service du réseau. Il s'agit en général de calculer des chemins alternatifs pour les trafics à protéger, et de configurer ces chemins dans les routeurs qui les utiliseront en cas de panne sur le chemin primaire.

## 4 LE PONTAGE AVEC *LaidaNet*

Un réseau *LaidaNet* (figure 3) est composé d'un ensemble de stations hôtes interconnectées par un ensemble de commutateurs, le tout géré par un *contrôleur*.

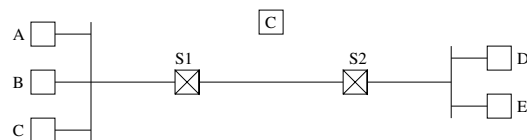


FIG. 3 – Un réseau *LaidaNet*

Les hôtes d'un réseau *LaidaNet* sont des stations standards qui se comportent de la même manière que si elles étaient connectées à un seul segment Ethernet. Elles diffusent une requête de résolution d'adresse pour connaître l'adresse MAC de leur correspondant, puis inscrivent l'adresse obtenue dans les trames qu'elles émettent.

Les ponts qui forment le cœur du réseau commutent les trames en fonction des labels qui y sont inscrits. Lorsqu'une trame étiquetée d'un label (dit label d'entrée) est reçue sur un port d'un commutateur, le label d'entrée est remplacé par un label (dit label de sortie), et la trame est retransmise sur un autre port (dit port de sortie). Le label et le port de sortie sont indiqués par l'entrée de sa table de commutation indexée par le label d'entrée.

Le *contrôleur* est l'élément central du réseau *LaidaNet*. Il a pour rôle de configurer les chemins commutés dans le réseau, en fonction de sa topologie et des besoins de communication des stations et des commutateurs.

## 4.1 Fonctionnement

Pour assurer sa fonction de configuration du réseau, le *contrôleur* doit maintenir une représentation de la topologie du réseau (commutateurs et stations). Pour cela, les commutateurs découvrent leur voisinage en échangeant des messages entre eux, et les commutateurs de bordure (connectés aux segments Ethernet) découvrent les stations en analysant le trafic qu'elles génèrent. Ces informations sont transmises au *contrôleur* qui en déduit la topologie entière du réseau.

### 4.1.1 Configuration du réseau

Sur la base de cette topologie, des besoins de communication des commutateurs et des stations, et éventuellement d'autres contraintes (sécurité, fiabilité, optimisation des ressources) le *contrôleur* calcule et configure ensuite des chemins dans le réseau. Dans un réseau *LaidaNet* correctement configuré, un chemin bidirectionnel existe entre chaque paire de commutateurs de bordure connectés chacun à un segment Ethernet distinct (*S1* et *S2* sur la figure 4), et un label a été associé à chaque station détectée sur le réseau (*A*, *B*, *C*, *D* et *E* sur la figure 4).

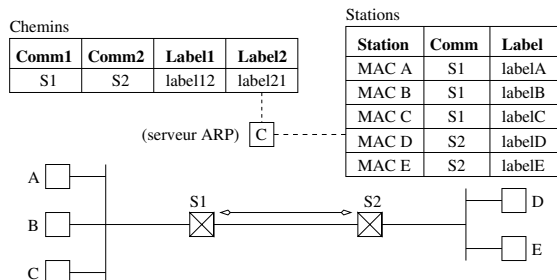


FIG. 4 – Gestion des labels dans le *contrôleur*

Le *contrôleur* gère l'ensemble des labels dans deux tables : les tables *Chemins* et *Stations* (figure 4). Une entrée de la table *Chemins* indique qu'un chemin commuté bidirectionnel<sup>1</sup> à été configuré entre les commutateurs *Comm1* et *Comm2*, et que une trame reçue sur *Comm1* (resp. *Comm2*) et étiquetée du label *Label1* (resp. *Label2*) sera redirigée le long de ce chemin jusqu'à *Comm2* (resp. *Comm1*). Une entrée de la table *Stations* indique que la station *Station* (identifiée par son adresse MAC) est connectée sur le même segment Ethernet que le commutateur *Comm*, et qu'une trame reçue sur *Comm* et étiquetée du label *Label* sera retransmise avec l'adresse MAC de *Station*.

### 4.1.2 Acheminement du trafic

Les labels qui permettent aux commutateurs d'acheminer le trafic sont stockés dans deux tables de commutation : les tables *Chemins* et *Stations* (figure 5). Une entrée de la table *Chemins* indique à un commutateur le label et le

port de sortie associée à un label d'entrée donné (entrée *label12* de la table *Chemins* de *S1*). Lorsque l'entrée de la table *Chemins* indique à un commutateur de bordure qu'il est l'extrémité terminale du chemin (entrée *label12* de la table *Chemins* de *S2*), une entrée de la table *Stations* lui indique l'adresse MAC réelle du destinataire et le port de sortie correspondant (entrée *labelD* de la table *Stations* de *S2*). Ainsi, l'adresse MAC réelle du destinataire est remplacée dans la trame avant qu'elle lui soit retransmise.

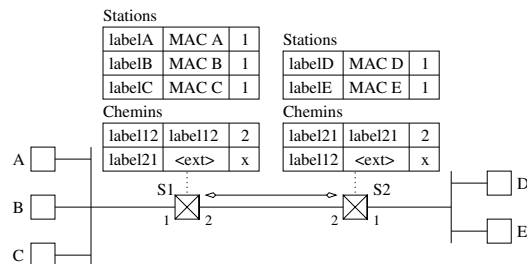


FIG. 5 – Gestion des labels dans les commutateurs

Les requêtes de résolution d'adresse diffusées par les stations sont interceptées par les commutateurs de bordure et systématiquement redirigées vers le *contrôleur*, lorsque les deux stations concernées sont localisées sur des segments Ethernet distincts. À la réception d'une telle requête, le *contrôleur* renvoie une adresse MAC étiquetée, c'est-à-dire une adresse dans laquelle des labels ont été codés. La station émettrice envoie la trame à l'adresse indiquée, les commutateurs la redirigent grâce aux labels, le commutateur de bordure situé à l'extrémité terminale du chemin remplace l'adresse MAC réelle du destinataire dans la trame, et la station destinataire peut ainsi reconnaître et accepter la trame qui lui est destinée. Le *contrôleur* code deux labels dans chaque adresse ainsi renvoyée. Un *label-chemin* qui permet aux commutateurs d'identifier le chemin suivi par la trame, et un *label-station* configuré dans l'extrémité terminale du chemin et qui lui permet d'identifier la station destinataire de la trame. Sur la figure 5 par exemple, une trame émise de *A* vers *D* sera étiquetée de la paire de labels (*label12*, *labelD*).

## 4.2 Avantages et inconvénients

Les principaux avantages de *LaidaNet* découlent de l'utilisation de la commutation de labels. Ceux-ci permettent de mettre en œuvre des techniques avancées de gestion du trafic (équilibrage de charge, réservation de ressources, chemins de secours). Ensuite, la présence de deux labels dans les trames permet d'agrèger le trafic dans le cœur du réseau, et par conséquent de réduire la taille des tables de commutation. Contrairement à d'autres solutions d'interconnexion de LAN basées sur la commutation de labels, *LaidaNet* ne nécessite pas la présence d'une fonction d'adaptation entre la périphérie et le cœur du réseau, et vice-versa. De plus, les labels sont codés dans un champ standard de la trame Ethernet, ce qui n'induit pas de trafic supplémentaire dans le réseau.

Ensuite, le fonctionnement des commutateurs est simplifié car ils n'implémentent ni l'algorithme du *Spanning*

<sup>1</sup>En réalité, deux chemins commutés unidirectionnels.

*Tree*, ni la fonction de remplissage des tables de pontage (apprentissage par la source). Leurs fonctionnalités se résument à la découverte de leur voisinage direct et au filtrage des trames Ethernet. Les commutateurs de bordure en particulier ne manipulent que les adresses MAC des stations de leur voisinage. L'absence de *Spanning Tree* permet une meilleure utilisation des ressources du réseau, puisque tous les ports des commutateurs peuvent être activés simultanément sans risque de boucles. Enfin, le recours à la diffusion dans le cœur du réseau est réduit, car les requêtes de résolution d'adresse sont directement acheminées vers le *contrôleur*.

Le principal inconvénient de *LaidaNet* est la position centrale de son *contrôleur*, dont une défaillance peut perturber le fonctionnement du réseau. Pour minimiser les risques de défaillances, une implémentation distribuée peut être envisagée, mais celle-ci rend plus complexe sa conception.

Ensuite, bien qu'offrant un service de transport de trame Ethernet (niveau 2), *LaidaNet* est dépendant du protocole de résolution des adresses de niveau 3 vers les adresses MAC implémenté dans le LAN. Le *contrôleur* doit comprendre ce protocole pour pouvoir répondre aux requêtes des stations. De plus, *LaidaNet* suppose que les stations diffusent toujours les requêtes de résolution d'adresse.

## 5 APPLICATIONS

Grâce à la commutation de labels, il est possible dans *LaidaNet* d'améliorer les services déjà fournis par les réseaux locaux, et même d'en fournir de nouveaux.

### 5.1 Les VLAN

Dans *LaidaNet*, l'implémentation des VLAN requiert uniquement l'ajout de la fonctionnalité dans le *contrôleur*, et pas dans les commutateurs. La répartition des stations dans les différents VLAN y est définie en fonction des protocoles ou adresses de niveau 3, des adresses MAC et/ou des ports des commutateurs de bordure. Lorsqu'une station est détectée dans le réseau, en plus des tâches habituelles, le *contrôleur* détermine le VLAN auquel elle appartient grâce aux informations reçues du commutateur (port sur lequel la station a été détectée, adresse MAC, adresse et protocole de niveau 3). Cette information est stockée dans la colonne *VLAN* des tables *Chemins* et *Stations*. Un chemin commuté est configuré entre deux commutateurs de bordure si et seulement si ils interconnectent des stations appartenant à un même VLAN. Dans la figure 6, le VLAN *V1* regroupe les stations *A*, *B* et *D*, tandis que le VLAN *V2* regroupe les stations *C* et *D*; un chemin est configuré entre les commutateurs *S1* et *S2* pour chaque VLAN. Le *contrôleur* répond à une requête de résolution d'adresse si et seulement si les deux stations concernées sont sur un même VLAN, et l'adresse MAC renvoyée sera étiquetée du *label-chemin* identifiant le chemin associé à ce VLAN dans la table *Chemins*.

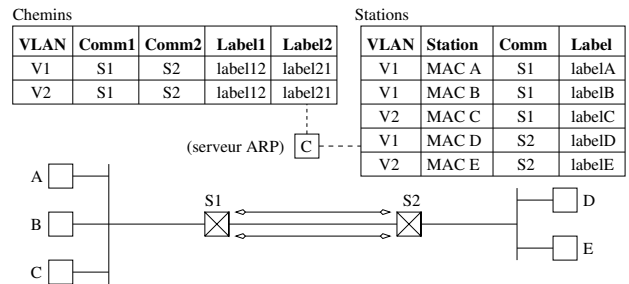


FIG. 6 – Implémentation des VLAN dans *LaidaNet*

#### 5.1.1 Spécificités

Dans *LaidaNet*, la répartition des stations dans les VLAN est définie une seule fois dans le *contrôleur*, et l'expression dans les trames est implicitement réalisée grâce aux labels. L'implémentation des VLAN est donc entièrement transparente aux commutateurs, et par conséquent ils ne gèrent pas d'informations supplémentaires et ne subissent pas de dégradation de performances à cause des VLAN. Il est en outre possible d'ajouter, de modifier ou de supprimer la fonctionnalité VLAN dans le réseau sans affecter le fonctionnement des commutateurs.

La répartition des stations entre les VLAN étant centralisée sur le *contrôleur*, elle est plus flexible, car il n'y a pas de contrainte sur la stratégie choisie. Il est alors possible de combiner différentes stratégies existantes : VLAN basé sur le port, sur les adresses MAC et sur les protocoles ou adresses de niveau 3. Un réseau *LaidaNet* peut par exemple regrouper dans trois VLAN différents des stations identifiées par leurs adresses MAC, des stations d'un premier sous-réseau IP et des stations d'un second sous-réseau IP. Il est aussi possible de grouper dans un même VLAN des stations connectées à un ensemble de ports de commutateurs, et des stations identifiées par leurs adresses MAC.

### 5.2 La gestion du trafic

L'utilisation de la commutation de label dans *LaidaNet* permet d'offrir quelques services supplémentaires de gestion du trafic par rapport au pontage traditionnel.

#### 5.2.1 Sécurité

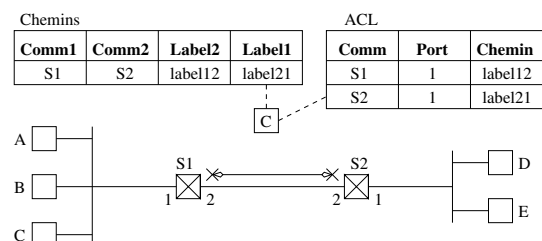


FIG. 7 – Restriction du trafic dans *LaidaNet*

Grâce au mécanisme des *ACL* (*Access Control List*), il est possible de limiter l'accès au cœur du réseau *LaidaNet*. Dans la figure 7, on ne souhaite pas par exemple que les stations puissent transmettre des trames sur le chemin *S1* – *S2*. Les listes d'accès permettent au *contrôleur*

d'ignorer les requêtes de résolution d'adresses correspondantes, et aux commutateurs de bloquer le trafic.

### 5.2.2 Gestion des pannes

Il est possible dans *LaidaNet* de calculer à l'avance des chemins de secours et les configurer dans les commutateurs. Dans la figure 8 deux chemins sont configurés entre *S1* et *S2*, un principal via *S3* et un secondaire via *S4*. En cas de panne sur *S3*, les commutateurs sont configurés pour rerouter le trafic automatiquement vers *S4*.

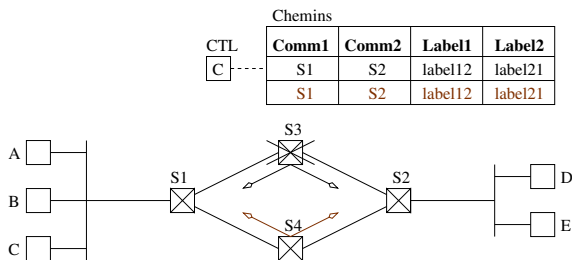


FIG. 8 – Gestion d'une panne dans *LaidaNet*

### 5.2.3 Le routage explicite

Il est possible dans *LaidaNet* de mettre en œuvre un mécanisme basique de réservation de ressources en contraignant le chemin suivi par le trafic. Dans la figure 9, le trafic entre *S1* et *S2* passe par *S3*, bien que le chemin *S1* – *S4* – *S2* soit optimal. Les liens *S1* – *S4* et *S2* – *S4* sont réservés au trafic échangé avec la station *F*, qui dans une configuration réelle peut être par exemple un serveur très sollicité.

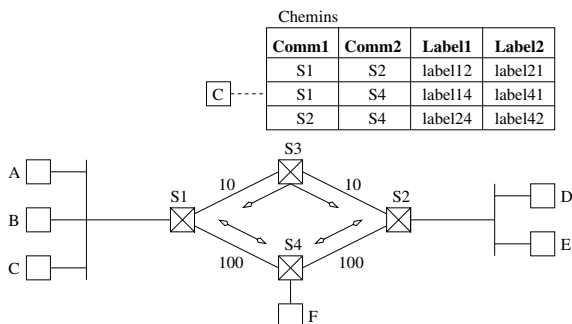


FIG. 9 – Routage explicite dans *LaidaNet*

## 6 CONCLUSION

Le succès que connaît Ethernet dans les réseaux locaux est dû en grande partie aux techniques de pontage et aux VLAN, qui permettent d'améliorer les services fournis en segmentant le réseau en plusieurs domaines de collision et plusieurs domaines de diffusion. Cependant, ces techniques souffrent de limites dues à certaines de leurs caractéristiques telles que l'apprentissage par la source, l'utilisation de l'algorithme du *spanning tree*, et l'usage de la diffusion. Ces limites rendent difficiles la mise en œuvre de services liés à la gestion du trafic (routage explicite, réservation de ressources, chemins de secours).

Les réseaux *LaidaNet* permettent de profiter des avantages de la commutation de labels dans les réseaux locaux en la combinant avec les techniques de pontage et de VLAN. Il est ainsi possible d'améliorer les services existants, notamment grâce à l'agrégation de flux et une meilleure prise en charge des VLAN, et de fournir des services supplémentaires, tels que le routage explicite. La présence d'un *contrôleur* dans le réseau permet de simplifier les fonctions des commutateurs, supprimer l'algorithme du *spanning tree*, et réduire le trafic dû à la diffusion.

## BIBLIOGRAPHIE

- [Conta , 2001] Conta, A., Doolan, P., Malis, A., Use of Label Switching on Frame Relay Networks Specification, RFC 3034, IETF (2001).
- [Davie , 2001] Davie, B., Lawrence, J., McCloghrie, K., Rosen, E., Swallow, G., Rekhter, Y., P., D., MPLS Using LDP and ATM VC Switching, RFC 3035, IETF (2001).
- [IEEE 802, 2001] IEEE 802, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks : Overview and Architecture, Std, IEEE (2001).
- [IEEE 802.1D, 1998] IEEE 802.1D, IEEE Standard for Information Technology – Common Specifications – Part 3 : Media Access Control (MAC) Bridges, Std, IEEE (1998).
- [IEEE 802.1Q, 2003] IEEE 802.1Q, IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks : Virtual Bridged Local Area Networks, Std, IEEE (2003).
- [IEEE 802.3, 2002] IEEE 802.3, IEEE Standard for Information Technology – Common Specifications – Part 3 : Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications, Std, IEEE (2002).
- [IEEE 802.5, 1998] IEEE 802.5, IEEE Standard for Information Technology – Common Specifications – Part 3 : Token Ring Access Method and Physical Layer Specifications, Std, IEEE (1998).
- [Kurose Ros, 2003] Kurose, J. Ros, K., *Analyse structurée des réseaux. Des applications de l'internet aux infrastructures de communication*, Pearson Education, 2e éd. (2003).
- [Rosen , 2001a] Rosen, E., Rekhter, A., Tappan, D., Farinacci, D., Fedorkow, G., Li, T., Conta, A., MPLS Label Stack Encoding, RFC 3032, IETF (2001a).
- [Rosen , 2001b] Rosen, E., Viswanathan, A., Callon, R., Multiprotocol Label Switching Architecture, RFC 3031, IETF (2001b).
- [Stallings, 1997] Stallings, W., *Local and Metropolitan Area Networks*, ch. 14, Prentice hall, 5e éd. (1997).
- [Tanenbaum, 2003] Tanenbaum, A., *Réseaux*, Pearson Education, 4e éd. (2003).